RESEARCH HIGHLIGHT

December 2005

Technical Series 05-115

STUDY OF POURED-IN-PLACE CONCRETE WALL ASSEMBLIES IN COASTAL BRITISH COLUMBIA

Rainscreen wall and window assemblies are now being used in coastal British Columbia because they provide improved water penetration control properties and acceptable long-term performance. A recent trend has seen builders and the design community increasingly utilize lower cost poured-in-place concrete wall assemblies, without rainscreen, in combination with rainscreen windows to provide acceptable long-term envelope performance. In contrast to the acceptable performance history of uninsulated mass masonry walls, there is very little information regarding the performance history of insulated poured-in-place concrete wall assemblies. There is little significant guidance available with respect to the best design and construction practice for them. In order to better understand the performance of this form of construction, Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC) and Homeowner Protection Office (HPO) commissioned a study to analyze and document potential performance questions associated with poured-in-place concrete wall assemblies, as well as develop a guideline for appropriate design and construction practices. The primary objectives of the study are as follows.

- Identify and investigate key performance questions associated with components and materials utilized with poured-in-place concrete wall assemblies in multi-unit residential construction. In all, four existing buildings and five new projects were reviewed.
- Analyze heat, air and moisture control requirements of Part 5 of the building code for poured-in-place concrete wall assemblies, including water penetration control, air leakage, vapour diffusion, thermal performance and durability of materials.
- Examine several specific aspects of construction practices (including exterior coatings, concrete mix, crack control and joint detailing) that impact the performance characteristics of poured-in-place concrete wall assemblies.
- Examine penetration and interface detailing associated with poured-in-place concrete wall assemblies.
- Identify design and construction factors that impact the performance of poured-in-place concrete wall assemblies.

All of these factors have been evaluated in the context of the relatively wet and mild coastal climate zone of British Columbia and of buildings where walls can expect to be regularly exposed to wetting. This assumption is considered to be reasonable since the most common current usage of poured-in-place concrete wall construction is in taller multi-unit residential building construction.

The primary focus of the study is on the design and construction of above-grade concrete walls. Issues relating to interfaces with horizontal concrete elements such as floor and roof slabs, and projecting fins are also discussed. However, the study does not deal with issues specific to the performance of horizontal concrete elements or below-grade walls.

WALL ASSEMBLIES

Poured-in-place concrete wall assemblies are commonly constructed utilizing a variety of materials built up in layers to the interior of the concrete, in addition to the application of a coating and sealants to the exterior surface of the concrete. Three commonly used variations of poured-in-place wall assemblies, as shown in Figure 1, are examined and analyzed with respect to various performance issues in this study.

Canada

CMHC SCHL
HOME TO CANADIANS

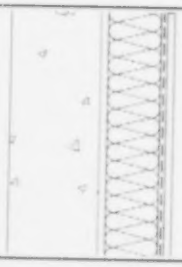
W1	W2	W3
		
Exterior 150 mm concrete (with or without coating) 13 mm airspace 92 mm steel studs and batt insulation 0.15 mm polyethylene film 13 mm gypsum board and interior finishes Interior	Exterior 150 mm concrete (with or without coating) 50 mm Extruded Polystyrene (XPS) with integral T-shaped steel supports (Alternate assembly of this type would utilize spray-in-place polyurethane foam instead of XPS) 0.15 mm polyethylene film 13 mm gypsum board and interior finishes Interior	Exterior 150 mm concrete (with or without coating) 25 mm XPS 64 mm steel studs and batt insulation 0.15 mm polyethylene film 13 mm gypsum board and interior finishes Interior

Figure 1: Commonly Constructed Poured-in-Place Wall Assemblies

FIELD INVESTIGATION OF PERFORMANCE

The review of performance of poured-in-place concrete wall assemblies in existing buildings and building code performance requirements has identified a number of issues that need to be addressed in the design and construction of poured-in-place concrete walls in order to achieve effective and durable performance. Table 1, without prioritizing, summarizes these performance issues.

1.	Water penetration control at the surface of the concrete and concentrated run-off on surfaces
2.	Water penetration control utilizing concrete as a waterproofing material
3.	Water penetration control at construction joints
4.	Water penetration control at cracks
5.	Water penetration control at interfaces and penetrations
6.	Air leakage control at details
7.	Air leakage control into air space at inside surface of concrete
8.	Vapour diffusion control, both outward and inward, as well as the overall wetting and drying potential of the wall assembly
9.	Thermal bridging and condensation control
10.	Mechanical ventilation and heating system impact on condensation control
11.	Overall thermal efficiency of wall assembly
12.	Coating durability, maintenance and renewals
13.	Sealant durability, maintenance and renewals
14.	Building form and overhang protection can influence water penetration performance significantly

Table 1: Summary of Performance Issues

PERFORMANCE OBJECTIVES AND PRIORITIES

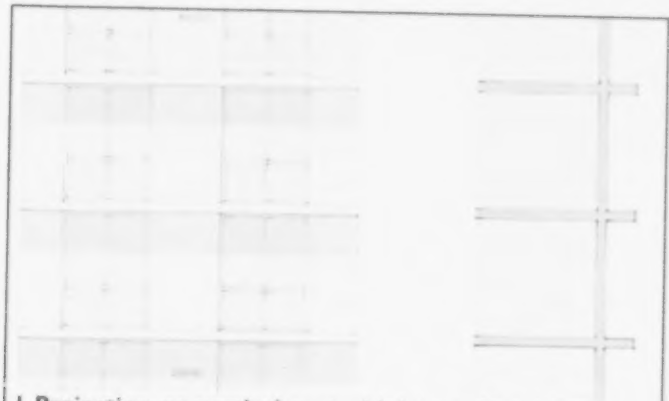
The successful long-term performance of a poured-in-place concrete wall clearly involves achieving many performance objectives. The control of heat, air and moisture flows (both vapour and rain) are important but the wall assembly must also be durable, constructible and maintainable.

Rain penetration control should be considered a priority performance criterion since achieving this objective is not easy in the B.C. coastal climate. Many of the other objectives can be achieved in a variety of ways, and relatively easily, once the rain penetration control strategy is defined.

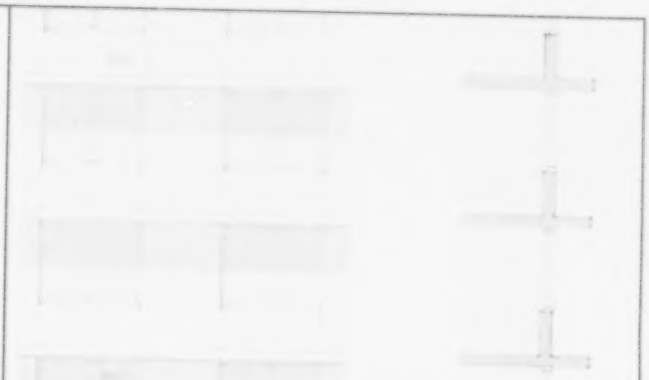
BUILDING FORM

106-03884/

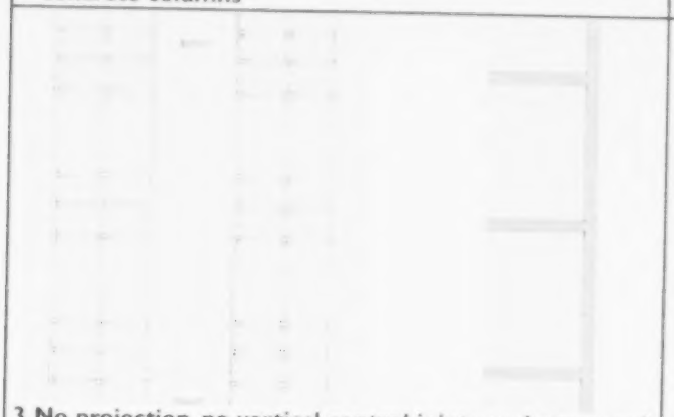
Building form has a profound impact on the risk of water penetration since building form determines the amount of wetting that can occur on a wall, as well as the extent to which problematic details occur. Part of the design strategy should be to avoid higher risk arrangements that introduce uncompressed construction and control joints, such as upstand walls, and to limit the amount of wetting that occurs by using projections, such as eyebrows, at each floor level (Figure 2). Choices made with respect to building form will affect the dependence of the water penetration control strategy on other design and construction factors such as the quality of the details, or reliance on sealant and coatings.



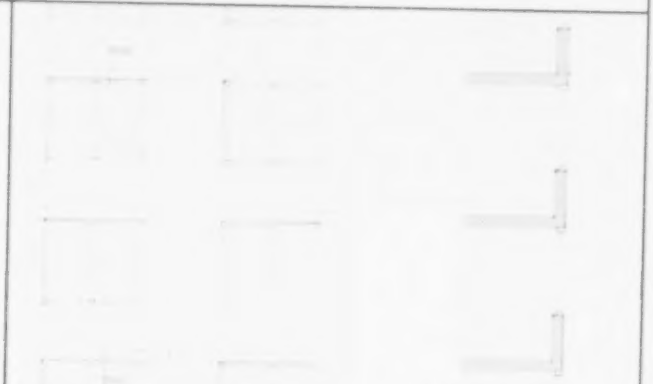
1. Projection, no vertical control joints and structural concrete columns



2. Projection, vertical control joint at window and concrete infill



3. No projection, no vertical control joints, and structural concrete columns



4. No projection, vertical control joint at window and concrete infill

RISK	FORM AND DETAILING SCENARIO
LEAST ↓ MOST	1. Good overhead protection provided by slab projection. Concrete wall is in compression due to vertical loads and no vertical construction joints used.
	2. Good overhead protection provided by slab projection. Use of upstand wall under window creates vertical control joints and an uncompressed infill concrete element (no significant vertical loads).
	3. No overhead protection. Only exposed concrete occurs between windows and is in compression. No vertical control joints used.
	4. No overhead protection. Use of upstand wall under window creates vertical control joints and uncompressed concrete element.

Figure 2: Alternate arrangements of projections and poured-in-place concrete wall configurations create differing levels of risk of water penetration

RAIN PENETRATION CONTROL

Poured-in-place concrete walls by their nature are unable to provide redundancy in the same way that rainscreen walls provide redundancy in the prevention and remediation of water penetration. This suggests a need to understand the implications of design and construction practice on risk of water penetration in environments where the wall is subjected to regular wetting.

The first line of water penetration resistance for the monolithic concrete wall area is the face of the concrete, which is usually made more watertight through the use of a coating. The second line of resistance (or redundancy) is created by the concrete itself, since it has sufficient thickness and mass to restrict the movement of water and to absorb some moisture and dry back to the exterior at some point in the future. For portions of the poured-in-place concrete wall area that are free of cracks and joints, the key variables for effective water penetration control are therefore the properties of the coating applied to the concrete and the characteristics of the concrete matrix.

The real challenge with respect to water penetration control for poured-in-place concrete walls is in achieving a second line of resistance at cracks, construction joints, cold joints and control joints in the concrete. At these locations the coating will not bridge any significant crack in a durable manner. Cracks or joints essentially represent a hole through the concrete. Gravity, pressure gradients created by the wind and capillary forces can all act to drive water through these cracks to the building interior.

Construction joints and control joints are the most common sources of water migration through structural concrete walls. The design of joints must be done carefully to achieve

- adequate spacing of joints to minimize the number and length of joints
- appropriate spacing of joints to minimize shrinkage cracking between the joints
- appropriate geometry to prevent initiation of cracks; for example re-entrant corners and similar discontinuities should be avoided.

Where migration of water through construction joints is to be prevented, appropriate detailing is required. This includes judicious use of waterstops and other joint sealants to provide two layers of resistance to water leakage.

Form tie holes, pipe runs and honeycombed concrete are common locations of water movement through concrete. These should be filled with crystalline grout from the interior and hydraulic cement from the exterior.

All cracks that appear and are greater than hairline in thickness should be routed and sealed like construction joints or have crystalline grout installed from the interior.

Due to the lesser certainty in predicting the location of cracks, and variable performance of the waterstop materials, there will always be greater risk of water penetration associated with poured-in-place concrete walls than with most rainscreen wall assemblies.

AIR LEAKAGE CONTROL

Primary air tightness is readily achieved in poured-in-place concrete walls by the concrete itself, and by continuity of air tightness at joints and interfaces.

For wall assemblies such as type W1, where an air space exists between the insulated portion of the wall assembly and the poured-in-place concrete, air flow into the cavity can create the potential for condensation to occur. A lack of air tightness within the interior steel stud wall portion of the assembly combined with a driving force to move warm moist interior air into the air space could result in condensation on the inside surface of the concrete.

When using this type of wall assembly care must therefore be taken to limit air flow paths and driving forces into this cavity. Primary paths would include air movement through intersecting partition walls, electrical outlets and other penetrations through the stud wall assembly and possibly through a dropped ceiling assembly.

VAPOUR DIFFUSION CONTROL

Hygrothermal modeling of these wall assemblies indicates that vapour diffusion control is important both for inward and outward acting vapour drives. Many of the wall assemblies examined provide acceptable hygrothermal performance. However, walls that incorporate a layer of polystyrene insulation (XPS) or spray-in-place polyurethane foam (wall type W2 and W3) immediately adjacent to the inside surface of the concrete have the least overall risk for condensation moisture problems related to vapour diffusion, air movement and thermal bridging. Not only does this insulation layer provide an effective balance for inward and outward acting vapour drives but it eliminates the potential for air leakage-related condensation and provides a relatively continuous thermal insulation layer within the wall to reduce the impact of the highly conductive steel studs.

Rain which penetrates the poured-in-place concrete to accumulate within the wall will generally overwhelm the ability of any wall assembly to dry to the interior through vapour diffusion. Furthermore, excess water which is allowed to diffuse as a vapour to the inside can, in the absence of controlled ventilation, present the risk of excessive dampness indoors. Excessive dampness indoors contributes to problematic health exposures[1]. Thus, 'drying to the inside' is not a realistic strategy to manage moisture in poured-in-place concrete wall assemblies. Vapour retarders restrict the movement of vapour through the wall. Polyethylene as a vapour retarder limits the inward migration of moisture so that mold growth on the gypsum board next to the occupied space is less likely to occur.

THERMAL PERFORMANCE

The overall thermal resistance provided by the insulating layers in poured-in-place concrete wall assemblies is reduced by thermal bridging provided by both the steel studs, and intersecting concrete walls and floor slabs. Issues such as thermal bridging and condensation risk pose design challenges in poured-in-place walls. When comparing overall thermal performance, the effects of thermal bridging make poured-in-place concrete walls much less efficient than walls that are continuously insulated from the exterior.

It is clearly beneficial to design wall assemblies to ensure there are thermal breaks between the concrete and other thermally conductive building components, such as steel studs and window frames. For example, wall assemblies that incorporate a layer of insulation immediately to the interior of the concrete perform better with respect to thermal bridging and condensation potential.

THERMAL BRIDGING AT WINDOWS

Window frames are particularly susceptible to condensation due to the lower thermal resistance of window framing and glazing material. Several factors can affect window thermal performance and condensation resistance including location of the window with respect to the insulation in the surrounding wall, attachment method of window, and depth of recess in the window opening.

Thermal modeling of various depths of window recesses was performed to assess the effect of the window recess on condensation potential. The interior frame surface temperature of the window is highly dependent on the depth of recess into the opening and the level of thermal insulation from the concrete surfaces. To reduce heat loss through window framing elements and lessen condensation potential, windows should be aligned with the plane of the insulation. However, the further the window is placed to the interior, the more difficult it is to construct adequate interface details (for water penetration control) due to the need to bridge the interior stud wall to the concrete. When the risk of condensation is balanced with the risk of water penetration, it often makes sense to align the window with the concrete portion of the wall assembly and find alternate methods for improving condensation resistance. One such solution to increasing the temperature of window frames while maintaining its position within the concrete portion of the wall assembly is to install a conductive element such as a metal angle to transfer heat from the interior to the window frame.

Thermal Performance at Intersecting Partitions

A series of thermal simulations conducted for a partition wall intersecting an exterior concrete wall showed that insulating the partition wall has the benefit of increasing the interior surface temperatures of the interior finish at the corners. However, these types of intersections with the exterior wall are sensitive to the potential for air leakage paths to develop. Although the risk of condensation on the interior finishes is reduced with the interior concrete walls insulated, the temperature of the concrete

[1] "Damp Indoor Spaces and Health," Institute of Medicine, National Academy of Sciences, 25 May 2004

partition wall behind the finishes is cooler to a greater depth into the interior, increasing the potential for condensation to occur at areas that are sensitive to air leakage. The surface area of concrete that falls below dewpoint temperature increases directly with the depth of insulation along partition walls.

Thermal Performance at Intersecting Floor Slabs

Poured-in-place concrete construction frequently incorporates floor slab projections, commonly referred to as eyebrows at each floor level for aesthetics and/or to reduce rain deposition on the walls and windows. It was found that the thermal bridging that occurs at these eyebrow areas generally created very little difference in interior surface temperatures when compared to a wall without an eyebrow projection. Insulating flooring such as carpeting or raised hardwood will lower the surface temperature of the concrete and thus increase the risk of condensation. Control of the interior operating conditions (temperature, relative humidity through mechanical ventilation) is imperative in managing condensation risk in poured-in-place concrete buildings.

Ventilation and Heating System Considerations

There are also some challenges introduced with respect to mechanical ventilation and heating system designs, particularly those that potentially lower surface temperatures of walls and windows. Newer multi-unit residential buildings are generally being constructed with much improved air-tightness levels than existed in buildings constructed even 10 years ago. A higher level of air tightness leads to lower levels of infiltration and exfiltration through the building envelope, thus lessening the amount of natural ventilation. This places greater reliance on mechanical ventilation systems and other outside air sources to control the interior environment generally, and specifically to control humidity levels and the potential for condensation. It is therefore critical that mechanical ventilation systems be designed and constructed to provide adequate quantity and distribution of ventilation air to the suite. In addition, heating systems must adequately control temperatures at the exterior walls to minimize the potential for condensation.

SUMMARY OF HYGROTHERMAL AND THERMAL ANALYSIS

The hygrothermal and thermal analysis of poured-in-place concrete wall assemblies has helped to establish the relative importance of some variables with respect to performance issues that need to be addressed in the design and construction of these wall assemblies. Table 2 summarizes conclusions reached following the analysis of these assemblies.

1.	All of the basic wall assemblies analyzed will provide acceptable hygrothermal performance in the absence of defects that introduce water into the assembly. This assumes however, that no materials sensitive to high RH are placed within the wall on the exterior side of the insulation.
2.	Condensation control at windows and slab edges is an issue that requires careful balancing of building envelope assemblies, details and mechanical systems.
3.	Water penetration at cracks and construction joints requires careful detailing and attention to quality control during construction to ensure acceptable performance.
4.	The net effect of adding a coating to the exterior surface of the concrete to reduce absorption and bridge small cracks is beneficial, particularly silicone elastomeric coatings.
5.	Polyethylene or other interior vapour retarders help control winter wetting in W1 but prevent drying in the summer.
6.	The ease at which air movement into wall assembly W1 can reach the concrete surface and potentially condense also makes this wall assembly higher risk.
7.	Wall assembly types W2 and W3 that incorporate polystyrene insulation (XPS) effectively moderates both interior and exterior vapour drives and reduces the potential for condensation due to air leakage into the wall assembly.
8.	Wall type W3 with a silicone elastomeric coating demonstrates the best balance of hygrothermal performance. The presence of polyethylene does not significantly impact the hygrothermal performance and can be deleted from the assembly depending on how reliably interior conditions can be predicted and controlled.

Table 2: Summary of Observations From Hygrothermal and Thermal Analysis

CONCRETE CONSTRUCTION PRACTICES

Certain construction practices can have a significant effect on the general quality of structural concrete. Construction practices that promote the ability of structural concrete to resist the movement of moisture or vapour are highlighted.

Curing

Proper curing of concrete is the most effective and least used form of reducing permeability and crack control. Curing requirements for structural concrete are detailed in Chapter 21 of CSA-A23.1 and take the form of either providing external moisture to maintain the concrete surface in a wet condition or applying a membrane-like coating or sealer to the surface to reduce the loss of water by drying. These actions will enhance the hydration of the cementing materials in the surface zone of the concrete, thereby reducing permeability, and will also reduce the loss of water to drying, which will in turn reduce the amount of drying shrinkage. If an elastomeric coating will later be applied to the concrete surface, the curing compound must be compatible with the coating or must be removed before the coating is applied.

The importance and effectiveness of adequate curing for crack control and permeability reduction cannot be over-emphasized. To promote effective curing on the construction site, treatment of curing as a separate pay item in contracts has been effective.

Concrete Placement Methods

Placing of concrete by pumping generally requires a mixture with higher slump and workability than other placement methods. This is often achieved by contractors by adding water, which increases the water-cement ratio and increases shrinkage and permeability. Where low permeability and/or crack control are desired, workability should be enhanced by the use of chemical admixtures rather than by adding water. Other means of concrete placement, such as by crane and bucket, can sometimes be used to avoid the need for additional mixing water.

Restraint

For critical structural elements where crack control is required, it is important to reduce restraint, especially at early ages when the tensile strength of the concrete is low. This can be done by releasing forms from the concrete surface as early as possible after the concrete sets. This approach must, of course, be consistent with the structural requirements of the immature concrete. Provisions to address potential cracks due to plastic shrinkage and drying shrinkage are also important.

Unfortunately, even when measures are taken to minimize the amount of drying shrinkage, and to minimize restraint loads that may be imposed on the concrete elements, cracks in the concrete will occur. Concrete assemblies must therefore accommodate some cracking without adversely affecting the performance of the wall.

Construction Joints and Control Joints

Construction joints and control joints are one of the most common sources of water migration through structural concrete. The design of joints must be done carefully to achieve

- adequate spacing of joints to minimize the number and length of joints
- appropriate spacing of joints to minimize shrinkage cracking between the joints
- appropriate geometry to prevent initiation of cracks; for example re-entrant corners and similar discontinuities should be avoided

Where migration of water through construction joints is to be prevented, appropriate detailing is required. This will include:

- cleaning of debris from the formwork
- proper preparation of joint surface(s) to remove laitance and other contaminants that may interfere with bonding of fresh concrete to the adjacent hardened concrete
- judicious use of waterstops to reduce leakage
- design and detailing of joint sealants where appropriate

Surface Preparations

In order to facilitate application of coatings to the full exposed concrete surface, the concrete must be prepared. This preparation typically includes sacking of the concrete surfaces to correct imperfections such as bug holes and honeycombing, and to provide a flat even surface onto which the coating can bond. In addition, contaminants such as form release agents or curing compounds are often present necessitating the need for the removal and cleaning of the concrete substrate. Pressure washing or other similar means may achieve this.

CONCLUSIONS

Poured-in-place concrete walls have historically provided an acceptable level of performance in multi-unit residential buildings where performance issues have been addressed using appropriate design and construction practices. The focus on crack control and construction joints by the design and construction team is the critical element in achieving this performance. Failure to take adequate precautions to reduce cracking and prevent water leakage at cracks and joints is an important source of performance problems in poured-in-place concrete wall construction.

CMHC Project Manager: Silvio Plescia

Research Report: Study of Poured-in-Place Concrete Wall Assemblies in Coastal British Columbia

Research Consultant: RDH Building Engineers Limited

CMHC undertook this study in partnership with the Homeowner Protection Office.

Housing Research at CMHC

Under Part IX of the *National Housing Act*, the Government of Canada provides funds to CMHC to conduct research into the social, economic and technical aspects of housing and related fields, and to undertake the publishing and distribution of the results of this research.

This fact sheet is one of a series intended to inform you of the nature and scope of CMHC's research.

To find more *Research Highlights* plus a wide variety of information products, visit our website at

www.cmhc.ca

or contact:

Canada Mortgage and Housing Corporation
700 Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0P7

Phone: 1 800 668-2642
Fax: 1 800 245-9274

©2005, Canada Mortgage and Housing Corporation
Printed in Canada
Produced by CMHC 24-02-06
Revised 2006

OUR WEBSITE ADDRESS: www.cmhc.ca

Although this information product reflects housing experts' current knowledge, it is provided for general information purposes only. Any reliance or action taken based on the information, materials and techniques described are the responsibility of the user. Readers are advised to consult appropriate professional resources to determine what is safe and suitable in their particular case. Canada Mortgage and Housing Corporation assumes no responsibility for any consequence arising from use of the information, materials and techniques described.

64908

LE POINT EN RECHERCHE

Décembre 2005

Série technique 05-115

ÉTUDE PORTANT SUR LES MURS EN BÉTON COULÉ SUR PLACE DE LA ZONE CÔTIÈRE DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE

On fait maintenant usage de fenêtres et de murs à écran pare-pluie puisqu'ils assurent une meilleure protection contre l'infiltration d'eau et une performance acceptable à longue échéance. Toutefois, une récente tendance permet de constater que les concepteurs et les constructeurs ont de plus en plus recours à des murs en béton coulé sur place, d'ailleurs moins coûteux, sans écran pare-pluie, et à des fenêtres à écran pare-pluie pour assurer la performance acceptable de l'enveloppe à longue échéance. Contrairement à la performance acceptable des murs en maçonnerie massive non isolés, très peu d'information existe concernant les antécédents de performance des murs en béton coulé sur place isolés; ainsi en est-il des directives en matière de conception et de technique de construction. Pour mieux comprendre la performance de ce type de construction, la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) et le Homeowner Protection Office (HPO) ont mandaté une étude visant à analyser et à documenter les enjeux de performance éventuels des murs en béton coulé sur place, ainsi qu'à formuler une directive en matière de techniques de conception et de construction. Voici les principaux objectifs que poursuivait l'étude :

- cerner et étudier les enjeux de performance clés des éléments et matériaux employés avec les murs en béton coulé sur place des collectifs d'habitation; en tout, quatre bâtiments existants et cinq nouveaux ensembles ont été examinés;
- analyser les exigences de protection contre la chaleur, l'air et l'humidité énoncées dans la partie 5 du code du bâtiment visant les murs en béton coulé sur place, y compris les mesures de protection contre l'infiltration d'eau, les fuites d'air, la diffusion de vapeur d'eau, ainsi que la performance thermique et la durabilité des matériaux;
- étudier plusieurs aspects précis des techniques de construction (revêtements extérieurs, dosage du béton, contrôle de la fissuration et exécution des joints) qui influent sur la performance des murs en béton coulé sur place;
- vérifier les détails des points de pénétration et des interfaces des murs en béton coulé sur place;
- distinguer les facteurs de conception et de construction qui influent sur la performance des murs en béton coulé sur place.

Tous ces facteurs ont été évalués dans le contexte du climat de la zone côtière plutôt doux et humide de la Colombie-Britannique et des bâtiments dont les murs sont sujets à être régulièrement exposés. Cette hypothèse est jugée raisonnable, puisque les murs en béton coulé sur place s'utilisent le plus couramment dans les bâtiments résidentiels de grande hauteur.

L'étude porte principalement sur la conception du climat et la construction de murs en béton au-dessus du niveau du sol. Les questions relatives aux interfaces d'éléments horizontaux en béton, telles les dalles de plancher et les dalles de toit, de même que les éléments en saillie, sont également traitées. Par contre, l'étude ne traite pas des enjeux propres à la performance des éléments horizontaux en béton ou des murs sous le niveau du sol.

MURS

Les murs en béton coulé sur place se construisent couramment avec une foule de matériaux constitués en couches du côté intérieur du béton, en plus du revêtement et des mastics d'étanchéité du côté extérieur. Trois variantes courantes des murs en béton coulé sur place, que montre la figure 1, sont examinées et analysées suivant les différents enjeux de performance relevés dans la présente étude.

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

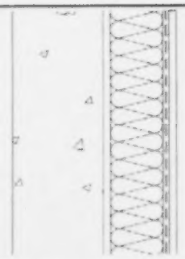
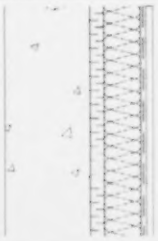
M1	M2	M3
		
Extérieur béton de 150 mm (avec ou sans revêtement) lame d'air de 13 mm ossature en poteaux d'acier de 92 mm et isolant en matelas membrane de polyéthylène de 0,15 mm plaque de plâtre de 13 mm et revêtement intérieur de finition Intérieur	Extérieur béton de 150 mm (avec ou sans revêtement) polystyrène extrudé de 50 mm avec supports d'acier en T intégrés (ce mur peut également comporter de la mousse de polyuréthane pulvérisée en place au lieu du polyuréthane extrudé) membrane de polyéthylène de 0,15 mm plaque de plâtre de 13 mm et revêtement intérieur de finition Intérieur	Extérieur béton de 150 mm (avec ou sans revêtement) polystyrène extrudé de 25 mm ossature en poteaux d'acier de 64 mm et isolant en matelas membrane de polyéthylène de 0,15 mm plaque de plâtre de 13 mm et revêtement intérieur de finition Intérieur

Figure 1 : Exécution courante de murs en béton coulé sur place

VÉRIFICATION DE LA PERFORMANCE SUR PLACE

La vérification de la performance des murs en béton coulé sur place de bâtiments existants et des exigences de performance des codes du bâtiment a soulevé des enjeux à aborder aux stades de la conception et de la construction pour obtenir une performance efficace et durable. Sans toutefois les présenter par ordre de priorité, le tableau 1 résume ces enjeux de performance.

1.	Protection contre l'infiltration d'eau à la surface du béton et ruissellement concentré sur les parois
2.	Protection contre l'infiltration d'eau misant sur le béton comme matériau d'imperméabilisation
3.	Protection contre l'infiltration d'eau par les joints de construction
4.	Protection contre l'infiltration d'eau par les fissures
5.	Protection contre l'infiltration d'eau par les interfaces et points de pénétration
6.	Protection contre les fuites d'air par les détails d'exécution
7.	Protection contre les fuites d'air par la lame d'air vis-à-vis la paroi intérieure du béton
8.	Protection contre la diffusion de vapeur d'eau, autant vers l'extérieur que vers l'intérieur, de même que contre les possibilités de mouillage général du mur
9.	Protection contre la formation de ponts thermiques et de condensation
10.	Incidence de la ventilation mécanique et du système de chauffage sur la condensation
11.	Efficacité thermique générale du mur
12.	Durabilité, entretien et remplacement du revêtement
13.	Durabilité, entretien et remplacement des mastics d'étanchéité
14.	La forme du bâtiment et le débord de toit peuvent réduire considérablement les risques d'infiltration d'eau.

Tableau 1 : Résumé des enjeux en matière de performance

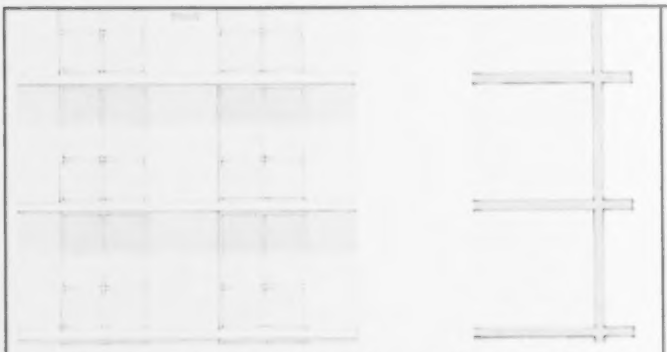
OBJECTIFS EN MATIÈRE DE PERFORMANCE ET PRIORITÉS

La réussite de la performance à longue échéance d'un mur en béton coulé sur place repose clairement sur l'atteinte de nombreux objectifs. Le contrôle des mouvements de la chaleur, de l'air et de l'humidité (autant de la vapeur d'eau que de la pluie) importe, mais le mur doit être constructible, facile à entretenir et durable.

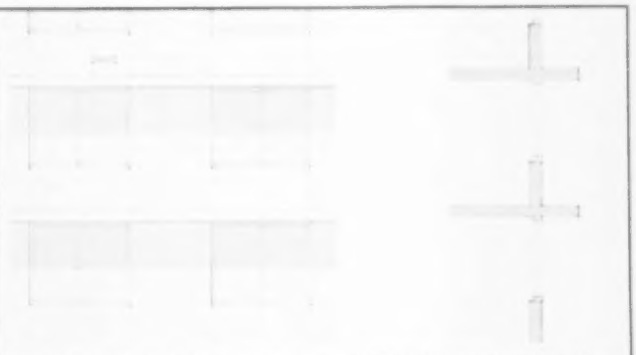
La protection contre l'infiltration de la pluie doit être un critère prioritaire de performance puisqu'il n'est pas facile d'atteindre cet objectif dans la zone côtière de la Colombie-Britannique. Bon nombre des autres objectifs peuvent être atteints de différentes façons et plutôt facilement, une fois arrêtées les mesures de protection contre l'infiltration de la pluie.

FORME DU BÂTIMENT

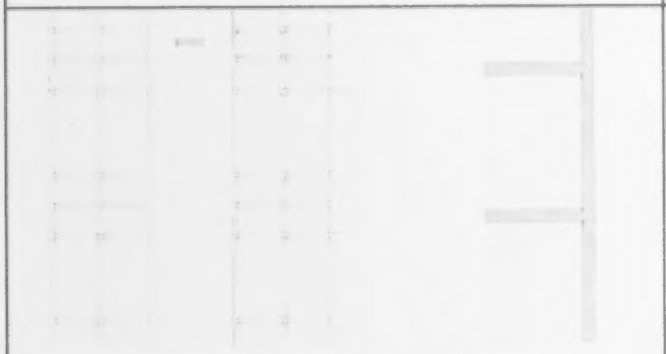
La forme du bâtiment exerce une profonde influence sur le risque d'infiltration d'eau, puisqu'elle détermine l'ampleur du mouillage que le mur peut subir, de même que l'étendue des détails d'exécution posant problème. La stratégie conceptuelle doit en partie viser à éviter les assemblages à risques plus élevés qui comportent des joints de fissuration ou de construction sans compression, tels les murs en surélévation, et à limiter le mouillage en faisant usage de saillies à chaque étage (figure 2). Les choix effectués quant à la forme du bâtiment influeront sur la fiabilité des mesures de protection contre l'infiltration de l'eau à l'égard d'autres facteurs de conception et de construction, comme la qualité des détails d'exécution, ou la fiabilité du mastic d'étanchéité et des revêtements.



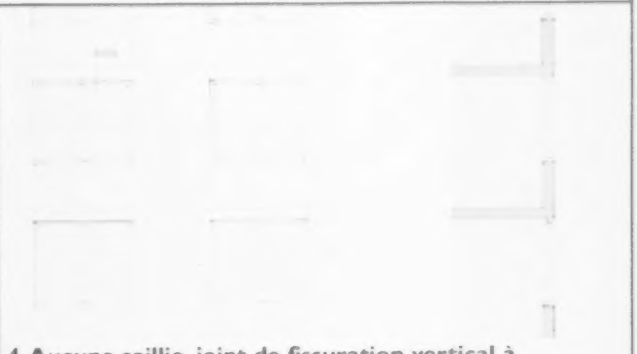
1. Saillie, aucun joint de fissuration vertical et colonnes structurales en béton



2. Saillie, joint de fissuration vertical à l'intersection des fenêtres et des panneaux de remplissage en béton



3. Aucune saillie, aucun joint de fissuration vertical et colonnes structurales en béton



4. Aucune saillie, joint de fissuration vertical à l'intersection des fenêtres et des panneaux de remplissage en béton

RISQUE	FORME ET DÉTAIL D'EXÉCUTION
LE MOINDRE	1. Bonne protection assurée par la dalle au-dessus. Le mur de béton agit en compression en raison des charges verticales, mais il ne comporte aucun joint de construction vertical.
	2. Bonne protection assurée par la dalle au-dessus. Le recours à un ressaut sous la fenêtre donne lieu à des joints de fissuration verticaux et à un élément de remplissage en béton n'agissant pas en compression (aucune charge verticale importante).
	3. Aucune protection au-dessus. Il n'y a que du béton exposé entre les fenêtres, qui agit en compression. Aucun joint de fissuration vertical n'est utilisé.
LE PLUS ÉLEVÉ	4. Aucune protection au-dessus. Le recours à un ressaut sous la fenêtre donne lieu à des joints de fissuration verticaux et à un élément en béton n'agissant pas en compression.

Figure 2 : Les différentes façons de disposer les saillies et les murs en béton coulé sur place donnent lieu à différents niveaux de risque d'infiltration d'eau.

PROTECTION CONTRE L'INFILTRATION DE LA PLUIE

De par leur nature, les murs en béton coulé sur place ne sont pas en mesure d'assurer la redondance de la même manière que les murs à écran pare-pluie peuvent le faire pour prévenir l'infiltration de la pluie ou y remédier. Il faut donc trouver d'autres moyens d'obtenir un niveau de risque acceptable là où le mur est soumis à des épisodes de mouillage périodiques.

Le premier mécanisme de résistance à la pénétration de l'eau du mur en béton monolithique, c'est la paroi du béton proprement dite, que le revêtement rend généralement étanche à l'eau. Le deuxième mécanisme de résistance (ou de redondance) est suscité par le béton proprement dit, vu que le béton a une épaisseur et une masse suffisantes pour restreindre le mouvement d'eau et en absorber une certaine quantité et pouvoir s'assécher quelque peu vers l'extérieur par la suite. Pour les parties du mur en béton coulé sur place exemptes de fissures et de joints, les variables clés d'une protection efficace contre l'infiltration d'eau sont par conséquent les propriétés du revêtement appliqué sur le béton et les caractéristiques de la matrice du béton.

Le véritable défi que pose la protection contre l'infiltration d'eau des murs en béton coulé sur place consiste à mettre en place un deuxième mécanisme de résistance aux fissures, aux joints de construction, aux joints de reprise et aux joints de fissuration du béton. À ces endroits, le revêtement ne comblera pas de fissure appréciable de façon durable. Les fissures ou les joints représentent essentiellement des orifices présents dans le béton. La gravité, les gradients de pression suscités par les forces du vent et de la capillarité agiront tous pour pousser l'eau à travers les fissures jusqu'à l'intérieur du bâtiment.

Les joints de construction et les joints de fissuration sont les sources les plus courantes de migration de l'eau à travers les murs structuraux en béton. La conception des joints doit être effectuée avec soin pour atteindre les objectifs suivants :

- espacement suffisant des joints de façon à en réduire le nombre et la longueur;
- espacement tout indiqué des joints de façon à réduire la fissuration due au retrait entre les joints;
- forme géométrique tout indiquée pour prévenir le début de fissuration; il est recommandé d'éviter, par exemple, les angles rentrants et les discontinuités semblables.

Lorsqu'il faut prévenir la migration de l'eau à travers les joints de construction, le recours à des détails d'exécution tout indiqués s'impose, comme l'emploi judicieux de dispositifs d'étanchéité et de mastic de joint pour assurer deux couches d'étanchéité à l'eau.

Les trous des attaches de coffrage, les points de passage des tuyaux et le béton alvéolaire favorisent couramment le mouvement d'eau à travers le béton.

C'est pourquoi il convient de les combler de coulis cristallin depuis l'intérieur et de ciment hydraulique depuis l'extérieur.

Toutes les fissures n'étant pas de taille capillaire qui se manifestent doivent être évidées et comblées à l'exemple des joints de construction ou être remplies de coulis cristallin depuis l'intérieur.

En raison de l'incertitude à prédire l'endroit des fissures et de la performance variable des matériaux d'étanchéité à l'eau, les murs en béton coulé sur place risqueront toujours plus de subir des infiltrations d'eau que les murs à écran pare-pluie.

ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

L'étanchéité à l'air est essentiellement assurée par le béton des murs coulés en place et par la continuité aux joints et aux interfaces.

Pour les murs semblables au M1, qui se caractérise par une lame d'air entre la partie isolée du mur et le béton coulé sur place, le mouvement d'air dans la cavité risque de donner lieu à la formation de condensation. Le manque d'étanchéité à l'air à l'intérieur de l'ossature d'acier intérieure de l'ensemble de construction, combiné à une force faisant déplacer l'air intérieur chaud et humide jusque dans la lame d'air, risque d'entraîner de la condensation sur la paroi intérieure du béton.

Lorsqu'on a recours à ce type de mur, on doit prendre soin de limiter les parcours d'air et les forces agissant jusque dans la cavité. Les principaux parcours s'entendent de l'intersection des murs, des prises de courant électriques et des autres points de pénétration de l'ossature murale et des retombées de plafond.

PROTECTION CONTRE LA DIFFUSION DE VAPEUR D'EAU

La modélisation hygrothermique de ces murs indique qu'il est tout aussi important d'assurer la protection contre la diffusion de vapeur d'eau agissant vers l'intérieur que vers l'extérieur. Bon nombre des murs examinés offrent une performance hygrothermique acceptable. Par contre, les murs comportant une couche d'isolant de polystyrène extrudé ou de mousse de polyuréthane pulvérisée en place (M2 et M3) mise en œuvre tout contre la paroi intérieure du béton courent en général moins de risques de subir des problèmes de condensation causés par la diffusion de vapeur d'eau, le mouvement d'air ou les ponts thermiques. Non seulement la couche d'isolant doit-elle offrir un équilibre efficace entre les mouvements de vapeur d'eau agissant vers l'intérieur et l'extérieur, mais elle doit contrer toute possibilité de condensation découlant des fuites d'air et fournir une couche d'isolant thermique plutôt continue à l'intérieur du mur pour réduire les effets des éléments de l'ossature d'acier hautement conducteurs.

La pluie qui s'introduit dans le béton coulé sur place et s'accumule dans le mur compromet généralement sa capacité à s'assécher vers l'intérieur par diffusion de vapeur d'eau. De plus, le surplus d'eau qui peut se diffuser vers l'intérieur sous forme de vapeur d'eau peut, faute de ventilation contrôlée, poser des risques de mouillage excessif à l'intérieur. Le mouillage excessif du côté intérieur risque de porter préjudice à la santé des gens[1]. Par conséquent, il n'est pas réaliste d'adopter une stratégie misant sur « l'assèchement vers l'intérieur » pour gérer l'humidité des murs en béton coulé sur place. Est-il besoin de rappeler que le pare-vapeur s'oppose au mouvement de vapeur d'eau à travers le mur. En effet, le pare-vapeur en polyéthylène limite la migration vers l'intérieur de l'humidité de sorte qu'il risque moins de se former de la moisissure à la surface des plaques de plâtre mises en œuvre à proximité d'aires occupées.

PERFORMANCE THERMIQUE

La résistance thermique générale qu'offrent les couches isolantes des murs en béton coulé sur place est réduite par la formation de ponts thermiques qu'entraînent à la fois les poteaux d'acier et les intersections des murs et des dalles de plancher en béton. Les questions concernant, entre autres, les ponts thermiques et les risques de condensation dans ces murs posent des défis conceptuels à relever. Lorsqu'on compare la performance thermique globale, les effets des ponts thermiques rendent les murs en béton coulé sur place beaucoup moins efficaces que les murs isolés en continu depuis l'extérieur.

Il est nettement bénéfique de concevoir les murs en prévoyant des coupures thermiques entre le béton et d'autres éléments du bâtiment conducteurs de la chaleur, tels les poteaux d'acier et les dormants des fenêtres. Par exemple, les murs incorporant une couche d'isolant mise en œuvre tout contre la paroi intérieure du béton se comportent mieux puisqu'ils réduisent les risques de formation de ponts thermique et de condensation.

PONTS THERMIQUES VIS-À-VIS LES FENÊTRES

Les dormants de fenêtre sont particulièrement sensibles à la condensation en raison de la moindre résistance thermique de leurs éléments constitutifs et du verre. Plusieurs facteurs influent sur la performance thermique et la résistance à la condensation des fenêtres, dont l'endroit où elles se situent par rapport à l'isolant du mur environnant, leur mode de fixation et leur retrait dans l'embrasure.

La modélisation thermique effectuée sur des retraits de fenêtres de différentes profondeurs a permis d'évaluer leurs effets sur les risques de condensation. La température des faces intérieures du dormant de la fenêtre dépend fortement de la profondeur du retrait dans l'embrasure et du niveau d'isolation thermique par rapport au béton. Pour réduire les déperditions de chaleur par les éléments du dormant de la fenêtre et atténuer les risques de condensation, les fenêtres doivent être alignées sur le plan de l'isolation. Par contre, plus la fenêtre est disposée vers l'intérieur, plus il devient difficile de bien exécuter les détails d'interface (pour assurer la protection contre l'infiltration d'eau) en raison de la nécessité de combler la distance séparant l'ossature intérieure et le béton. Lorsque vient le temps de concilier le risque de condensation avec le risque d'infiltration d'eau, il est bien souvent logique d'aligner la fenêtre sur la partie en béton du mur et de trouver d'autres moyens d'améliorer la résistance à la condensation. Ainsi, une solution proposée pour accroître la température du dormant de la fenêtre tout en le maintenant dans la partie en béton du mur consiste à mettre en œuvre un élément conducteur telle une cornière qui transmettra la chaleur de l'intérieur au dormant de la fenêtre.

Performance thermique à l'intersection des cloisons

Une série de simulations thermiques menées à l'égard de l'intersection d'un mur intérieur et du mur extérieur en béton a indiqué que le fait d'isoler le mur intérieur a pour avantage d'accroître la température superficielle intérieure du revêtement intérieur de finition aux angles. Par contre, ce genre d'intersections avec le mur extérieur est sensible aux parcours de fuites d'air. Même si le risque de condensation à la surface des revêtements intérieurs de finition est réduit par l'isolation du côté intérieur des murs en béton, la température du mur intérieur en béton derrière les revêtements intérieurs de finition est inférieure à une plus grande profondeur du côté intérieur, augmentant ainsi les risques de formation de condensation aux endroits sensibles aux fuites d'air. L'aire superficielle du béton qui tombe sous la température du point de rosée augmente directement en fonction de la quantité d'isolant mis en œuvre le long des murs intérieurs.

Performance thermique à l'intersection des dalles de plancher

Les ouvrages en béton coulé sur place incorporent souvent des dalles de plancher en saillie à chaque étage par souci d'esthétique et/ou de réduction de l'accumulation d'eau de pluie à la surface des murs et des fenêtres. On a découvert que les ponts thermiques qui se forment à l'endroit de ces saillies suscitent généralement très peu de différence de température superficielle intérieure comparativement à un mur sans saillie. Le revêtement de sol isolant, telle la moquette, ou l'aménagement d'un parquet en bois dur surélevé, a pour effet d'abaisser la température superficielle du béton et ainsi d'accroître les risques de condensation. Il est indispensable de contrôler les conditions du milieu intérieur (température et humidité relative par la ventilation mécanique) pour gérer les risques de condensation des bâtiments réalisés en béton coulé sur place.

[1] *Damp Indoor Spaces and Health*, Institute of Medicine, National Academy of Sciences, 25 mai 2004.

Ventilation et chauffage

Il existe également des défis à relever concernant la conception des installations de ventilation mécanique et de chauffage, en particulier celles qui ont pour effet d'abaisser la température superficielle des murs et des fenêtres. Les collectifs d'habitation réalisés depuis peu se caractérisent généralement par une meilleure étanchéité à l'air que ceux qui ont été bâtis il y a 10 ans. L'étanchéité à l'air supérieure se traduit certes par moins d'infiltration et d'exfiltration par l'enveloppe du bâtiment, réduisant du même coup la ventilation naturelle. Cela oblige à compter davantage sur la ventilation mécanique et sur d'autres sources d'alimentation en air extérieur pour contrôler le milieu intérieur en général et en particulier pour contrôler le degré d'humidité et les risques de condensation. Il est donc indispensable que l'installation de ventilation mécanique soit conçue et réalisée pour offrir et distribuer en quantité suffisante l'air de ventilation aux logements. De plus, l'installation de chauffage doit parvenir à bien contrôler la température à l'endroit des murs extérieurs pour réduire les risques de condensation.

RÉSUMÉ DE L'ANALYSE HYGROTHERMIQUE ET THERMIQUE

L'analyse hygrothermique et thermique des murs en béton coulé sur place a contribué à déterminer l'importance de certaines variables concernant les enjeux de performance à aborder dans la conception et la construction de ces murs. Le tableau 2 résume les conclusions formulées à l'issue de leur analyse.

1.	Tous les murs de base analysés offriront une performance hygrothermique acceptable à la condition d'être exempts de défauts laissant l'eau s'infiltrer. Cela suppose cependant qu'aucun matériau sensible à un degré élevé d'humidité relative ne sera mis en œuvre à l'intérieur du mur, du côté extérieur de l'isolant thermique.
2.	Le contrôle de la condensation à l'endroit des fenêtres et au chant des dalles est un enjeu qui requiert de bien concilier les ensembles constitutifs de l'enveloppe du bâtiment, les détails d'exécution et les installations mécaniques.
3.	L'infiltration d'eau par les fissures et les joints de construction requiert de porter une attention particulière aux détails d'exécution et au contrôle de la qualité pendant les travaux de construction pour garantir une performance acceptable.
4.	L'effet net d'ajouter un revêtement sur la paroi extérieure du béton en vue de réduire l'absorption et de combler les petites fissures est bénéfique, en particulier s'il s'agit d'un revêtement élastomère à la silicone.
5.	Le pare-vapeur intérieur en polyéthylène ou en autre matériau aide à prévenir le mouillage du M1 en hiver, mais en prévient l'assèchement l'été.
6.	La facilité avec laquelle le mouvement d'air dans le mur M1 peut parvenir jusqu'à la paroi de béton et risquer d'entraîner la formation de condensation en fait également un mur à risque davantage élevé.
7.	Les murs M2 et M3 qui comprennent de l'isolant de polystyrène extrudé atténuent avec efficacité les mouvements de vapeur d'eau tant vers l'intérieur que vers l'extérieur, en plus de réduire les risques de condensation attribuable à l'infiltration d'air dans le mur.
8.	Le mur M3 présentant un revêtement élastomère à la silicone démontre le meilleur équilibre en matière de performance hygrothermique. La présence de polyéthylène n'influe pas de façon appréciable sur la performance hygrothermique, de sorte que ce matériau peut être supprimé du mur, selon le degré de fiabilité avec lequel on peut prédire et contrôler le milieu intérieur.

Tableau 2 : Résumé des observations découlant de l'analyse hygrothermique et thermique

TECHNIQUES DE CONSTRUCTION D'OUVRAGES EN BÉTON

Certaines techniques de construction peuvent exercer d'importantes répercussions sur la qualité générale du béton structural. Les techniques de construction qui favorisent la capacité du béton structural à résister au mouvement d'humidité ou de vapeur d'eau sont mises en évidence.

Cure

La cure tout indiquée constitue la méthode la plus efficace et la moins utilisée pour réduire la perméabilité et la fissuration du béton. Les exigences de cure du béton structural, dont fait état le chapitre 21 de la norme CSA-A23.1, énoncent d'humidifier le béton pour en conserver la surface humide ou d'y appliquer une membrane de revêtement ou un bouche-pores pour réduire la perte d'eau au séchage. Ces mesures accentuent l'hydradation des matériaux cimentaires de la zone superficielle du béton, réduisant ainsi sa perméabilité et atténuent la perte d'eau au séchage et, par la même occasion, le retrait au séchage. Si un revêtement élastomère est appliqué par la suite sur la surface du béton, le composé de cure devra être compatible avec le revêtement, sinon être enlevé avant la mise en application du revêtement.

On n'insistera jamais trop sur l'importance et l'efficacité de la cure tout indiquée du béton pour réduire la formation de fissures et sa perméabilité. Pour favoriser la cure efficace sur le chantier de construction, le traitement de cure, à titre d'élément de paiement distinct dans les marchés conclus, s'est avéré efficace.

Méthodes de mise en place du béton

La mise en place du béton par pompage requiert généralement un mélange assorti d'un indice d'affaissement plus élevé et davantage ouvrable que les autres techniques. Les entrepreneurs l'obtiennent souvent en ajoutant de l'eau, ce qui élève le rapport eau-ciment et en accroît le retrait et la perméabilité. Lorsqu'on désire obtenir une faible perméabilité et/ou éliminer le plus possible les risques de fissuration, l'ouvrabilité du béton peut être améliorée par l'emploi d'adjuvants chimiques plutôt que par l'ajout d'eau. D'autres techniques de mise en place, faisant notamment appel à une grue et à un seau, peuvent parfois servir pour éviter d'avoir à ajouter de l'eau de gâchage.

Mode de retenue

Pour les éléments structuraux essentiels où le contrôle de la fissuration est requis, il est important de diminuer la technique de retenue, surtout au début alors que la résistance à la traction du béton est plutôt faible. On y parvient en décoffrant le béton aussitôt le béton durci. Cette démarche doit, évidemment, respecter les exigences structurales du béton pas encore parvenu à maturité. Il importe également de prendre des dispositions pour empêcher les fissures dues au retrait plastique ou à la contraction par retrait hydraulique.

Malheureusement, même lorsque les mesures sont prises pour réduire la contraction par retrait hydraulique et réduire les charges qui peuvent être imposées aux éléments en béton, le béton se fissure. Les ensembles de construction en béton doivent par conséquent autoriser une certaine fissuration sans compromettre la performance du mur.

Joints de construction et joints de fissuration

Les joints de construction et les joints de fissuration constituent les points les plus courants de migration de l'eau par le béton structural. La conception des joints doit être effectuée avec soin pour obtenir les résultats suivants :

- espacement suffisant des joints de façon à en réduire le nombre et la longueur;
- espacement tout indiqué des joints de façon à réduire la fissuration due au retrait entre les joints;
- forme géométrique tout indiquée pour prévenir le début de fissuration; il est recommandé d'éviter, par exemple, les angles rentrants et les discontinuités semblables.

Lorsqu'il faut absolument éviter la migration de l'eau par les joints de construction, leur exécution appropriée s'impose. Cela signifie d'adopter les mesures suivantes :

- nettoyage des débris des coffrages;
- préparation adéquate des surfaces des joints pour retirer la laitance et les contaminants pouvant empêcher le béton frais d'adhérer aux surfaces de béton durci avoisinantes;
- emploi judicieux de dispositifs d'étanchéité à l'eau;
- conception et exécution tout indiquées des mastics d'étanchéité des joints, selon le cas.

Préparation des surfaces

Pour faciliter l'application des revêtements sur la surface de béton pleinement exposée, le béton doit faire l'objet d'une préparation. La préparation suppose généralement le ragréage des surfaces de béton en vue de corriger les imperfections, tels le bullage et les alvéoles, et d'offrir une surface plane uniforme à laquelle pourra adhérer le revêtement. En outre, comme les contaminants laissés notamment par les agents de décoffrage ou les composés de cure s'y trouvent bien souvent, il faut les enlever et nettoyer le substrat en béton. Pour ce faire, il suffit de le laver sous pression ou d'employer d'autres techniques similaires.

CONCLUSIONS

Les murs en béton coulé sur place des collectifs d'habitation ont toujours donné une performance acceptable lorsque les problèmes de performance étaient réglés au moyen de pratiques appropriées de conception et de construction. Les concepteurs et les constructeurs peuvent continuer d'y recourir en toute confiance dans la zone côtière de la Colombie-Britannique, dans la mesure où ils adoptent des techniques de conception et de construction qui tiennent bien compte des enjeux de performance. L'accent que place l'équipe de conception et de construction sur le contrôle des fissures et les joints de construction est l'élément clé de l'atteinte de cette performance. Le fait de ne pas prendre de précautions suffisantes pour réduire la fissuration et prévenir l'infiltration d'eau par les fissures donne lieu aux problèmes de performance les plus courants des murs en béton coulé sur place.

Directeur de projet de la SCHL : Silvio Plescia

Rapport de recherche : *Study of Poured-in-Place Concrete Wall Assemblies in Coastal British Columbia*

Consultats de la recherche : RDH Building Engineers Limited

La SCHL a effectué cette étude en partenariat avec le Homeowner Protection Office de la Colombie-Britannique.

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web à

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

©2005, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL 24-02-06
Révision : 2006

NOTRE ADRESSE WEB : www.schl.ca

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.

64909